

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

DE00/2113



REC'D 25 SEP 2000

WIPO

PCT

EJU

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 30 797.0

Anmeldetag: 03. Juli 1999

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Elektrisches Halbleiterbauelement

IPC: H 01 L 21/28

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 03. August 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Saller

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

5

Elektrisches Halbleiterbauelement

Die Erfindung betrifft ein elektrisches Halbleiterbauelement mit einem einkristallinen Halbleitersubstrat, einer an wenigstens einer Stelle von einem Kontaktloch durchbrochenen, an der Oberfläche des Halbleitersubstrats angeordneten Isolationsschicht und einem das Halbleitersubstrat durch das Kontaktloch berührenden Kontaktelement, das aus einem Material besteht, in dem das Halbleitermaterial des Substrats in einem anisotropen Lösevorgang löslich ist.

Derartige Halbleiterbauelemente, bei denen das Halbleitersubstrat Silicium und das Material des Kontaktelements Aluminium ist, sind allgemein verbreitet. Ein Problem bei der Kontaktbildung zwischen Aluminium und Silicium im Bereich der Kontaktlöcher solcher Bauelemente ist die dort ablaufende Festkörperreaktion von Aluminium mit Silicium. Für eine hohe Leitfähigkeit des Kontaktes zwischen beiden ist die Entfernung der natürlicherweise immer vorhandenen Oxidhaut zwischen Aluminium und Silicium im Kontaktloch erforderlich. Dies erfolgt mittels einer Temperaturbehandlung im Bereich von 300°C bis 500°C. Bei diesen Temperaturen treten an den vom Oxid befreiten Stellen metallurgische

Reaktionen von Aluminium mit Silicium auf, bedingt durch die Festkörperlöslichkeit der beiden Stoffe im jeweils anderen. Die Löslichkeit von Silicium in Aluminium liegt in Abhängigkeit von der Temperatur in der Größenordnung von einigen wenigen Prozent (zum Beispiel 0,48% bei $T=450^{\circ}\text{C}$). Die Diffusion von Silicium in polykristallinem Aluminium ist aufgrund von beschleunigter Diffusion entlang der Korngrenzen sehr hoch. Deswegen werden im Laufe der Temperaturbehandlung nicht nur der unmittelbare Kontaktlochbereich, sondern auch daran anschließende Aluminium-Leiterbahnbereiche mit Silicium gesättigt. Dabei kann in Abhängigkeit von der Temperatur eine große Menge von Silicium von der Oberfläche des Halbleiterbauelements gelöst werden und in die Aluminium-Kontaktstruktur abwandern. Bei zum Beispiel einer dreißigminütigen Temperbehandlung bei 450°C beträgt die Diffusionslänge der Siliciumatome ca. $40\text{ }\mu\text{m}$. Die aus dem Kristall herausgelösten Siliciumatome werden durch aus der Kontaktstruktur nachwandernde Aluminiumatome ersetzt. Diese bilden sogenannte „Spikes“, Aluminiuausscheidungen mit Siliciumgehalt. Je kleiner das Kontaktloch und je größer im Verhältnis dazu das zu sättigende Aluminiumvolumen ist, desto größer werden die Abmessungen dieser Spikes. Sie können elektrische Felder im Kontaktlochbereich stark verzerren oder, wenn sie bis zu einem PN-Übergang des Bauelements reichen, zu dessen Totalausfall führen.

30

Um diesem Problem aus dem Wege zu gehen, ist zum Beispiel aus D.H. Widmann, H. Mader, H. Friedrich, Technologie hochintegrierter Schaltungen, Berlin, Springer 1996, bekannt, siliciumdotiertes Aluminium

als Material für die Kontaktstrukturen von elektronischen Bauelementen zu verwenden. Dabei liegt die Siliciumkonzentration des dotierten Aluminiums über der Festkörperlöslichkeit des Siliciums im Aluminium, bezogen auf die höchsten bei der Temperaturbehandlung erreichten Prozeßtemperaturen. Diese Konzentration kann ca. 1% Silicium betragen.

Diese Lösung ist jedoch nicht anwendbar für die Kontaktierung in Kontaktlöchern auf hochohmigem n-Typ Silicium (Donor Konzentration kleiner als 10^{20} cm^{-3}). Hier bilden sich beim Abkühlen epitaktische Siliciausscheidungen im Kontaktlochbereich. Diese sind aluminiumdotiert und damit p-leitend. Sie verschlechtern aufgrund der pn-Übergangsbildung mit zunehmendem Bedeckungsgrad im Kontaktloch den Kontaktwiderstand. Deshalb wird für die Kontaktierung von hochohmigem n-Typ Silicium Aluminium ohne Siliciumzusatz als Metallisierung verwendet. Um einen leitfähigen Übergang im Kontaktloch herzustellen, muß das Auftreten von Spikes dann in Kauf genommen werden.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung basiert auf der überraschenden Einsicht, daß die Bildung von Spikes in einem Kontaktloch eines Halbleiterbauelements bereits durch eine geschickte Gestaltung der Ränder des Kontaktlochs maßgeblich eingeschränkt werden kann. Eine Hinzufügung von zusätzlichen Strukturen, Fremdstoffen etc. ist nicht erforderlich.

Es gibt verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten der Ränder, die hier als Diffusionsstopstrukturen bezeichnet werden. Eine erste derartige Möglichkeit sind bogenförmige Segmente. So kann ein Kontaktloch zum Beispiel als Ganzes kreisförmig sein oder aus einer Überlagerung von sich überschneidenden Kreisen aufgebaut sein. Die Wirkung des Kreissegments basiert darauf, daß es, auf kristalline Größenmaßstäbe bezogen, sich aus einer Vielzahl von Geradensegmenten zusammensetzt, die jeweils unterschiedliche Richtungsindizes haben und daß entlang der einzelnen Geradensegmente der Lösevorgang jeweils unterschiedlich fortschreitet, bis der diejenigen Flächen im Kristallinneren erreicht, die dem Lösevorgang den größten Widerstand entgegensetzen. Je kleiner der Radius eines solchen Kreises ist, umso kürzer sind die entsprechenden Geradensegmente, und umso kleiner sind auch die Spikes, die jeweils von einem einzelnen Geradensegment ausgehen können.

Ein ähnlicher Effekt wird erzielt, wenn die herkömmlichen Geradenbegrenzungslinien eines Kontaktlochs durch mikrostrukturierte Abschnitte ersetzt werden. Diese mikrostrukturierten Abschnitte können beispielsweise einen zinnen- oder sägezahnartigen Verlauf aufweisen. Auch hier gilt, daß der Lösevorgang regelmäßig von einem Geradensegment des Randes ausgeht und soweit fortschreitet, bis schwer lösbarere Kristallebenen erreicht sind. Durch die Mikrostrukturierung wird erreicht, daß die einzelnen Fronten, an denen der Lösevorgang abläuft, im Vergleich zu einer geradlinigen Kante verkürzt ist, und daß dementsprechend nur ein kleineres Volumen des Halbleitermaterials angelöst werden kann, bevor

langsam oder nicht lösenden Ebenen des Kristalls erreicht sind. Allgemein gilt, daß die so entstehenden Spikes umso kürzer sind, je feiner die Mikrostruktur ist. Eine Kantenlänge der Strukturelemente von 2 μm oder weniger ist bevorzugt.

Es ist allerdings auch möglich, an geradlinigen Rändern der Kontaktlöcher die Ausbildung von Spikes zu verhindern oder zumindest weitgehend zu unterdrücken. Die Anisotropie des Lösevorgangs impliziert, daß das Halbleitermaterial wenigstens eine Klasse von Kristallebenen besitzt, die in dem Lösevorgang schwer oder sogar nicht angreifbar sind. Dabei wird unter einer Klasse eine Schar von Kristallebenen verstanden, deren Millersche Indizes jeweils durch Permutation und/oder Vorzeichenumkehrung auseinander hervorgehen. Alle Ebenen einer solchen Klasse sind unter kristallographischen Gesichtspunkten gleichwertig. Geradlinige Abschnitte der Ränder eines Kontaktlochs sollten vorzugsweise so angeordnet sein, daß sie solche Kristallebenen der Klasse schneiden, die in dem Halbleitersubstrat unterhalb des Kontaktlochs verlaufen.

Ein Kontaktloch kann auch so ausgebildet sein, daß alle seine Ränder die oben genannte Anforderung erfüllen. Ein solches Kontaktloch kann die Form eines gleichseitigen Dreiecks oder einer Überlagerung von sich überschneidenden gleichseitigen Dreiecken haben.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem Substrat des Halbleiterbauelements um ein $\langle 111 \rangle$ -Siliciumsubstrat, da die $\langle 111 \rangle$ -Ebene des Siliciums

eine durch Lösen in Aluminium schwer angreifbare Ebene ist.

5 Auf einem solchen Substrat läßt sich eine Beschränkung der Spikebildung auch dadurch erreichen, daß das Kontaktloch Ränder erhält, die um $\pm 15^\circ$ gegen die Schnittlinien der $\langle 11\bar{1} \rangle$ -, $\langle 1\bar{1}1 \rangle$ - oder $\langle \bar{1}11 \rangle$ -Ebene mit der Oberfläche verdreht sind.

10 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Figuren.

Figuren

15

Figur 1 zeigt in einem Querschnitt ein herkömmliches Halbleiterbauelement zur Verdeutlichung des Problems der Spikebildung;

20

Figur 2 zeigt eine Oberfläche eines Halbleitersubstrats mit am Rand von zwei Kontaktlöchern ausgebildeten Spikes;

25

Figur 3 zeigt eine Halbleiteroberfläche mit einem Kontaktloch gemäß der Erfindung in Draufsicht und im Schnitt;

30

Figur 4 zeigt eine Variante des Kontaktlochs aus Figur 3;

Figur 5 zeigt eine Halbleiteroberfläche mit zwei kreisförmigen Löchern gemäß der Erfindung;

5 Figur 6 zeigt eine Variante der Kontaktlöcher aus Figur 5;

Figur 7 zeigt eine Halbleiteroberfläche mit zwei Kontaktlöchern mit mikrostrukturierten Rändern gemäß der Erfindung;

10

Figur 8 zeigt mikrostrukturierte Ränder eines Kontaktlochs nach einer Temperaturbehandlung; und

15

Figur 9 zeigt eine Halbleiteroberfläche mit durch ihre Orientierung relativ zu den schwer lösbaren Ebenen gegen Spikebildung geschützten Rändern.

20

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt zur Veranschaulichung des Problems einen Schnitt durch ein elektronisches Bauelement mit einem hochohmigen Halbleitersubstrat 1 und zwei darin gebildeten dotierten Bereichen 2,3, die voneinander hochohmig getrennt sein sollten. Eine Isolationsschicht 6, die auf der Oberfläche des Substrats aufgebracht ist, hat zwei Kontaktfenster 7, durch die die dotierten Bereiche 2,3 jeweils mit einem Kontaktelement 4,5 aus Aluminium der Kontaktstruktur in Verbindung stehen. Die Kontaktelemente 4,5 sollten nicht leitend miteinander verbunden

25

30

sein. Während einer Temperaturbehandlung, die zum Erzeugen eines befriedigenden elektrischen Kontakts zwischen den dotierten Bereichen und den Kontaktelementen erforderlich ist, ist jedoch Aluminium aus den Kontaktelementen 4,5 in das Halbleitersubstrat 1 eindiffundiert. Da die Oberfläche des Halbleitersubstrat 1 eine $\langle 111 \rangle$ -Orientierung hat, konnte das Aluminium nicht weit in die Tiefe des Substrats eindringen, hat sich dafür um so weiter parallel zur Oberfläche ausgebreitet, und es sind, ausgehend von den verschiedenen Kontaktlöchern Spikes 8,9 entstanden, die einen leitenden Übergang zwischen den Bereichen 2,3 herstellen. Das Bauelement ist daher unbrauchbar.

15

Figur 2 zeigt vergrößert einen Ausschnitt aus einer Oberfläche eines Silicium- $\langle 111 \rangle$ -Wafers 20 mit zwei Kontaktlöchern 21,22. Die Isolationsschicht an der Waferoberfläche ist nicht dargestellt, nur die Ränder der darin gebildeten Kontaktlöcher 21,22 sind gezeigt. Ein eingefügtes Richtungsdiagramm zeigt die Projektionen der Richtungen $\langle 11\bar{1} \rangle$, $\langle \bar{1}11 \rangle$ und $\langle \bar{1}\bar{1}1 \rangle$ auf die Ebene der Figur. Die in der Figur horizontalen Ränder der Kontaktlöcher 21,22 liegen parallel zu einem $\langle 110 \rangle$ -orientierten Flat des Wafers 20. Die in der Figur links gelegenen vertikalen Ränder der Kontaktlöcher 21,22 zeigen fast keine Spikebildung, der schraffiert dargestellte ursprüngliche Siliciumkristall reicht bis unmittelbar an diese Ränder. An allen anderen Rändern reichen Spikes 23 weit über die ursprünglichen Ränder der Kontaktlöcher hinaus auf die Substratoberfläche. Der Grund hierfür ist die Orientierung der Ränder relativ zu den Kristallebenen, die der gleichen

Klasse wie die Oberfläche angehören. So verlaufen die vertikalen Ränder jeweils parallel zu den Schnittlinien einer Kristallfläche der gesagten Klasse, die hier willkürlich als $\langle 111 \rangle$ -Ebene bezeichnet werden soll. Diese Ebene schneidet die linken vertikalen Ränder 24,25 der zwei Kontaktlöcher in einer solchen Orientierung, daß sie sich innerhalb des Substrats unterhalb der Kontaktlöcher erstreckt. Wenn sich während einer Temperbehandlung eine Grenzfläche zwischen Silicium und Aluminium langsam senkrecht zur $\langle 111 \rangle$ -Oberfläche des anderen Substrats in dessen Tiefe ausbreitet, so entsteht an den Rändern 24,25 alsbald eine $\langle 111 \rangle$ -orientierte Grenzfläche, die sich ebenfalls nur langsam ins Innere des Substrats ausbreiten kann. An den rechten vertikalen Rändern 26,27 hingegen ergeben sich $\langle 100 \rangle$ -Grenzflächen, die dem Lösevorgang nur geringen Widerstand entgegensetzen, so daß sich dort, wie auch an den horizontalen Rändern, Spikes 23 ausbreiten können.

Figur 3 zeigt ein Kontaktloch eines Halbleiterbauelements gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung, in Figur 3a in Draufsicht und in Figur 3b in einem Schnitt entlang der strichpunktierten Linie b-b von Figur 3a. Das Halbleitersubstrat ist ein Siliciumsubstrat mit $\langle 111 \rangle$ -Oberfläche. In einer Isolationsschicht 6 auf der Oberfläche des Substrats 1 ist das Kontaktloch 30 in Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks ausgebildet. Wie das Richtungsdiagramm zeigt, verlaufen alle drei Seiten parallel zu Schnittlinien der Oberfläche mit Kristallebenen der Klasse $\langle 111 \rangle$. Die Kristallebenen verlaufen unterhalb des Kontaktlochs durch das

- Halbleitersubstrat 1, wie in Figur 3b anhand des Beispiels der $\langle \bar{1}11 \rangle$ -Ebene dargestellt. Der Bereich 3b in Figur 3B stellt eine Zone dar, in der das Silicium des Halbleitersubstrats 1 durch eine Temper-
- 5 behandlung eines in dem Kontaktloch 30 angebrachten (in der Figur nicht dargestellten) Kontakts aus Aluminium in das Substrat 1 vorgedrungen ist. Die Grenzflächen zwischen der Zone 31 und dem Substrat 1 sind sämtlich Kristallebenen der Klasse $\langle 111 \rangle$.
- 10 Dementsprechend gering ist die seitliche Ausbreitung der Zone 31 über die Ränder des Kontaktlochs 30 hinaus. Diese Ausbreitung ist in Figur 3a durch das gestrichelte Dreieck 32 angedeutet.
- 15 Es ist für die Erfindung nicht entscheidend, daß das Kontaktloch 30 ein exaktes Dreieck mit spitzen Ecken ist. Die Ecken könnten auch abgeschnitten oder abgerundet sein, in diesem Fall könnten an ihnen, anders als im Idealfall eines Dreiecks mit
- 20 spitzen Ecken, zwar zunächst Grenzflächen zwischen der aluminiumhaltigen Zone 31 und dem Siliciumsubstrat 1 entstehen, die nicht der Klasse $\langle 111 \rangle$ angehören, die endgültige Form, die die aluminiumhaltige Zone in einem solchen Fall erreichen könnte,
- 25 entspräche aber ebenfalls dem Dreieck 32.

- Häufig sind für die Kontaktierung von Halbleitersubstraten rechteckige Kontaktlöcher mit ungleichen Kantenlängen erwünscht. Figur 4 zeigt anhand einer
- 30 Draufsicht auf ein Silicium- $\langle 111 \rangle$ -Substrat mit der gleichen Orientierung wie in Figur 3, wie sich ein solches rechteckiges Kontaktloch, angedeutet durch die Linie 40, dadurch approximieren läßt, daß eine Vielzahl von gleichseitigen Dreiecken mit gegensei-

tiger Überschneidung überlagert werden. Man erhält so ein langgestrecktes Kontaktloch 41, dessen Ränderbereichsweise sägezahnförmig verlaufen und auf diese Weise überall die Anforderung erfüllen, daß sie solche Kristallebenen der Klasse $\langle 111 \rangle$ schneiden sollen, die unterhalb des Kontaktlochs im Innern des Substrats verlaufen.

Figur 5 zeigt in Draufsicht ein kreisrundes Kontaktloch 50 auf einer Silicium- $\langle 111 \rangle$ -Oberfläche, die genauso orientiert ist wie in den Figuren 3 und 4. Der Rand des Kontaktlochs weist drei Bereiche 51 auf, die zumindest näherungsweise die gleiche Bedingung hinsichtlich ihrer Orientierung erfüllen wie die Ränder der Kontaktlöcher aus den Figuren 3 und 4. Dementsprechend tritt in diesen Bereichen praktisch keine Spikebildung auf. An den dazwischenliegenden Randbereichen 52 gibt es eine große Zahl von Spikes 53, die aber sämtlich nur eine geringe seitliche Ausdehnung haben. Der Grund dafür ist, daß die Kreisform des Kontaktlochs 50 bezogen auf den Größenmaßstab des Kristallgitters als eine Folge von vielen einzelnen Geradensegmenten angesehen werden kann, die unterschiedliche Orientierungen haben und von daher unterschiedlich gut dem Lösungsangriff durch Aluminium standhalten, und daß es eine Vielzahl von Gitterplätzen zum Beispiel an Stufen oder Ecken der Grenzfläche zwischen Siliciumkristall und Aluminium gibt, die aufgrund ihrer hervorgehobenen Koordination als Keim für eine Spikebildung dienen oder die Ausbreitung von Spikes behindern können. Der Lösungsvorgang des Siliciums im Aluminium geht deshalb von einer Vielzahl eng benachbarter Punkte entlang des Randes aus, und

schreitet von dort radial nach außen fort, wobei die schwer anzugreifenden Kristallflächen der $\langle 111 \rangle$ -Klasse stehenbleiben. Sobald zwei Spikes so tief geworden sind, daß sich ihre Begrenzungsflächen berühren, kommt der Lösungsvorgang im wesentlichen zum Erliegen.

Dabei ist es wichtig, daß die Kreisform des Kontaktlochs 50 möglichst exakt ist. Zum Vergleich ist ein zweites, kleineres Kontaktloch 54 gezeigt, das nur näherungsweise kreisförmig ist, und dessen Rand sich aus einer geringen Anzahl von Geradensegmenten zusammensetzt. Jedes Geradensegment bildet hier den Ausgangspunkt für einen Spike 53, und da die Geradensegmente im Vergleich zum Kontaktloch 50 relativ lang sind, entstehen hier auch relativ größere Spikes.

Wie Figur 6 in einer zu Figur 5 analogen Darstellung zeigt, kann ein rechteckiges Kontaktloch auch durch eine Überlagerung von sich überschneidenden kreisförmigen Kontaktlöchern mit jeweils gleichen Durchmessern r und Abständen a_i approximiert werden.

Figur 7 zeigt weitere Varianten von Kontaktlöchern, die ebenfalls auf der Erkenntnis basieren, daß es zum Begrenzen der Ausdehnung der Spikes sinnvoll ist, lange gerade Randabschnitte zu vermeiden. Beim Kontaktloch 70 haben deshalb sämtliche Ränder einen zinnenförmigen Verlauf, wo jeweils kleine rechteckige Fortsätze 71 der Isolationsschicht 6 ins Innere des Kontaktlochs eingreifen. Die Fortsätze 71 haben jeweils Abmessungen a parallel zum Rand und b

senkrecht dazu in der Größenordnung von $2\text{ }\mu\text{m}$ oder darunter. Die Periode des Zinnenmusters kann zum Beispiel $4\text{ }\mu\text{m}$ betragen.

5 Wie am Beispiel des Kontaktlochs 72 gezeigt ist, können diese Fortsätze 71 an einem Rand 73, dessen Orientierung die für die Ränder des Dreiecks aus Figur 3 definierte Bedingung erfüllt, fortgelassen werden.

10

Die Wirkung der Fortsätze 71 ist anhand von Figur 8 verdeutlicht. Die Orientierung des Halbleitersubstrats, genauer gesagt die seiner Ebenen der Klasse $\langle 111 \rangle$, in dieser Figur ist die gleiche wie in den
15 Figuren 2 bis 7. Figur 8 zeigt als durchgezogene Linien den Verlauf eines Randes 80 eines Kontaktelements. Der Rand ist reich strukturiert in eine Vielzahl von jeweils rechtwinklig zueinander benachbarten Abschnitten. Während des Temperns des
20 Bauelements bilden sich Spikes 81 entlang des Randes 80, die so weit unter die Isolationsschicht vordringen, bis sie nur noch von schwer angreifbaren Grenzflächen der Klasse $\langle 111 \rangle$ umgeben sind. Wie
25 der Vergleich der zwei Randverläufe von Figur 8 zeigt, sind diese Spikes umso zahlreicher und kleiner, je feiner die Struktur des Randes ist.

Figur 9 zeigt eine Draufsicht auf ein Halbleitersubstrat mit einer Mehrzahl von rechteckigen Kontaktlöchern 90. Die Orientierung des Halbleitersubstrats ist die gleiche wie in den vorhergehenden
30 Figuren. Die Ränder der Kontaktlöcher sind hier jeweils um $\pm 15^\circ$ gegen eine dieser drei Richtungen verdreht. Dies ist die größte Winkelabweichung zu

einer der drei Richtungen, die auf einer dreizählig symmetrischen Oberfläche wie der $\langle 111 \rangle$ -Oberfläche von Silicium überhaupt möglich ist. Durch diese Orientierung ist gewährleistet, daß es entlang jedes Randes eine Vielzahl von exponierten Punkten gibt, von denen Spikebildung ausgehen kann beziehungsweise die die Ausbreitung der Spikes behindern. Es entstehen daher beim Tempern des Substrats mit in den Kontaktlöchern 90 angebrachten Aluminium-Kontaktelementen Spikes in großer Zahl und Dichte, deren Wachstum allerdings im Laufe des Temperprozesses alsbald zum Erliegen kommt, wenn sich die schwer lösbaren Grenzflächen der Spikes zu berühren beginnen.

Die Erfindung ist oben schwerpunktmäßig im Hinblick auf eine Silicium- $\langle 111 \rangle$ -Oberfläche und Aluminium als Material der Kontaktelemente beschrieben worden. Eine Übertragung der Erfindung auf andere Oberflächen - wobei sich die Spikes dann möglicherweise weniger parallel zur Oberfläche als in die Tiefe eines Substrats erstrecken - sowie auf andere Kombinationen von Halbleitermaterial und Metall sind ohne weiteres denkbar. Entscheidend ist lediglich, daß das Halbleitermaterial ein anisotropes Löslichkeitsverhalten gegenüber dem Metall aufweisen muß.

~~Patentansprüche~~

5

1. Elektrisches Halbleiterbauelement mit einem ein-
kristallinen Halbleitersubstrat (1), einer an we-
nigstens einer Stelle von einem Kontaktloch
(30, 41, 50, 70) durchbrochenen, an der Oberfläche des
10 Halbleitersubstrats (1) angeordneten Isolations-
schicht (6) und einer das Halbleitersubstrat (1)
durch das Kontaktloch (6) berührenden Kontaktstruk-
tur, die aus einem Material besteht, in der das
Halbleitermaterial des Substrats in einem anisotropen
15 Lösevorgang löslich ist, dadurch gekennzeichnet,
daß die Ränder des Kontaktlochs (30, 41, 50, 70)
als Diffusionsstoppstrukturen ausgebildet sind.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch
20 gekennzeichnet, daß die Diffusionsstoppstrukturen
bogenförmige Segmente umfassen.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch
gekennzeichnet, daß das Kontaktloch (50) kreisförmig
25 oder als Überlagerung von sich überschneidenden
Kreisen ausgebildet ist.

4. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusi-
30 onsstoppstrukturen mikrostrukturierte Abschnitte der
Ränder (80) umfassen.

5. Halbleiterbauelement nach Anspruch 4, dadurch
gekennzeichnet, daß die mikrostrukturierten Ab-

schnitte (80) einen zinnen- oder sägezahnförmigen Verlauf aufweisen.

5 6. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zinnen oder Sägezähne aus Vorsprüngen (71) mit Kantenlängen von 2 μm oder weniger gebildet sind.

10 7. Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Halbleitersubstrats wenigstens eine Klasse von Kristallebenen besitzt, die in dem Lösevorgang schwer oder nicht angreifbar sind, und daß
15 die Diffusionsstoppstrukturen geradlinige Abschnitte der Ränder umfassen, die solche Kristallebenen der Klasse schneiden, die im Halbleitersubstrat (1) unterhalb des Kontaktlochs (30,41) verlaufen.

20 8. Halbleiterbauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Kontaktloch (30,41) die Form eines gleichseitigen Dreiecks oder einer Überlagerung von sich überschneidenden gleichseitigen Dreiecken hat.

25 9. Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat ein $\langle 111 \rangle$ -Si-Substrat ist.

30 10. Halbleitersubstrat nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Kontaktloch Ränder hat, die ca. um $\pm 15^\circ$ gegen die Schnittlinien der $\langle 11\bar{1} \rangle$ -, $\langle \bar{1}11 \rangle$ - oder $\langle \bar{1}\bar{1}1 \rangle$ Kristallebenen mit der Oberfläche verdreht sind.

Zusammenfassung

5

10

15

Ein elektrisches Halbleiterbauelement umfaßt ein einkristallines Halbleitersubstrat, zum Beispiel aus Silicium, eine an wenigstens einer Stelle von einem Kontaktloch (30) durchbrochene, an der Oberfläche des Halbleitersubstrats (1) angeordnete Isolationsschicht (6) und ein das Halbleitersubstrat (1) durch das Kontaktloch (30) berührendes Kontaktelement aus einem Material wie zum Beispiel Aluminium, in dem das Halbleitermaterial des Substrats in einem anisotropen Lösevorgang löslich ist. Die Ränder des Kontaktlochs (30) sind als Diffusionsstoppstrukturen ausgebildet.

Figur 3

20

Fig. 1

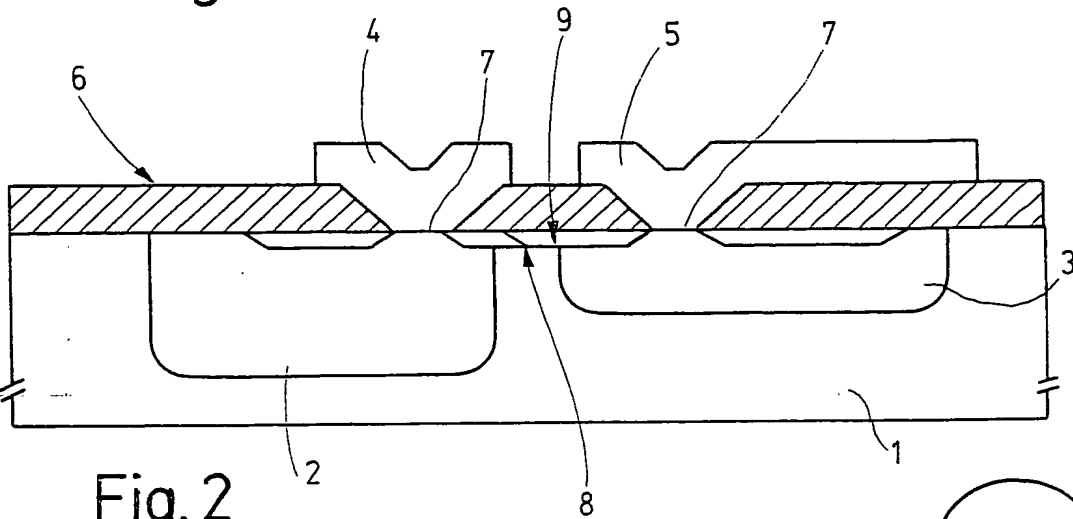


Fig. 2

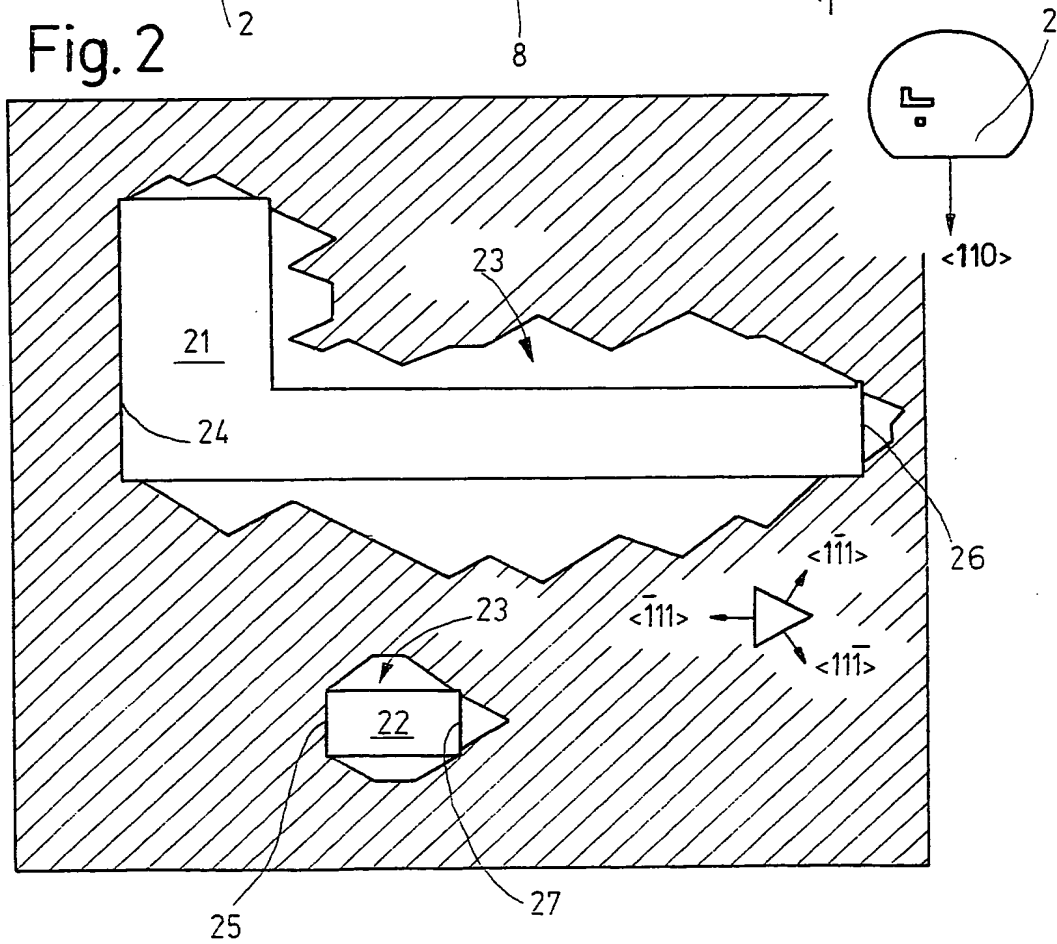


Fig. 3

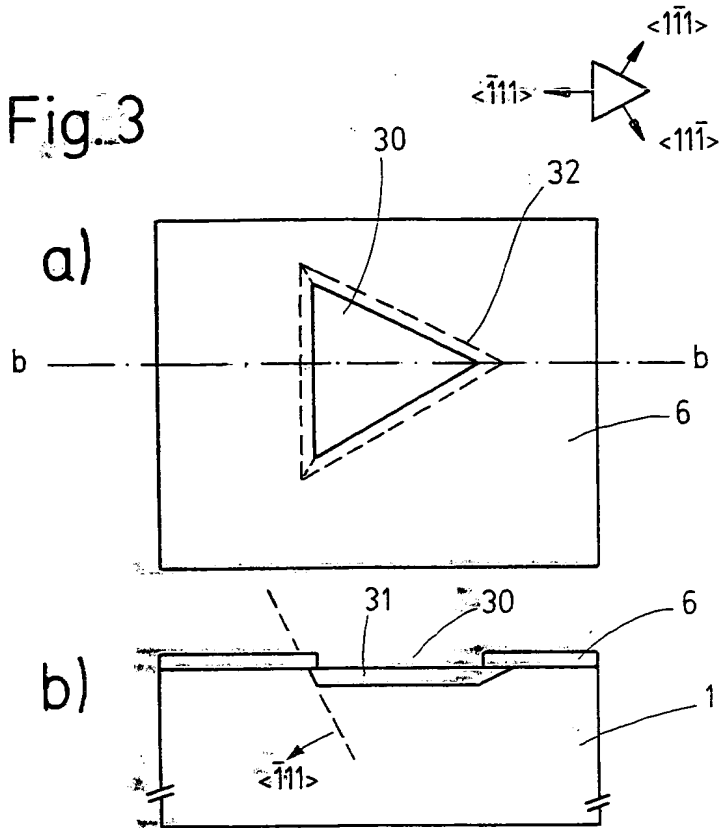


Fig. 4

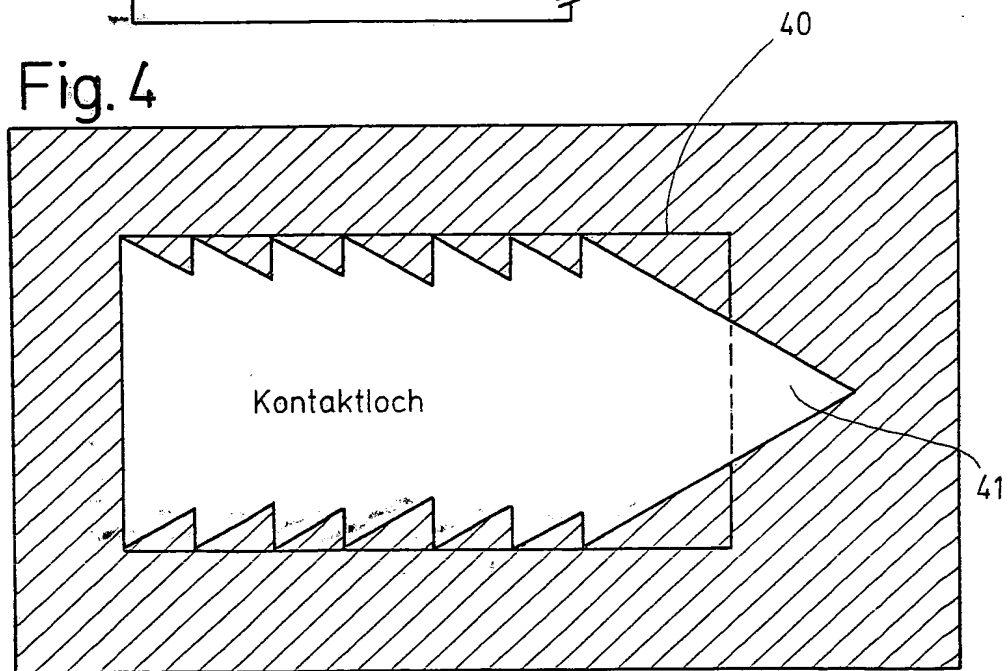


Fig. 5

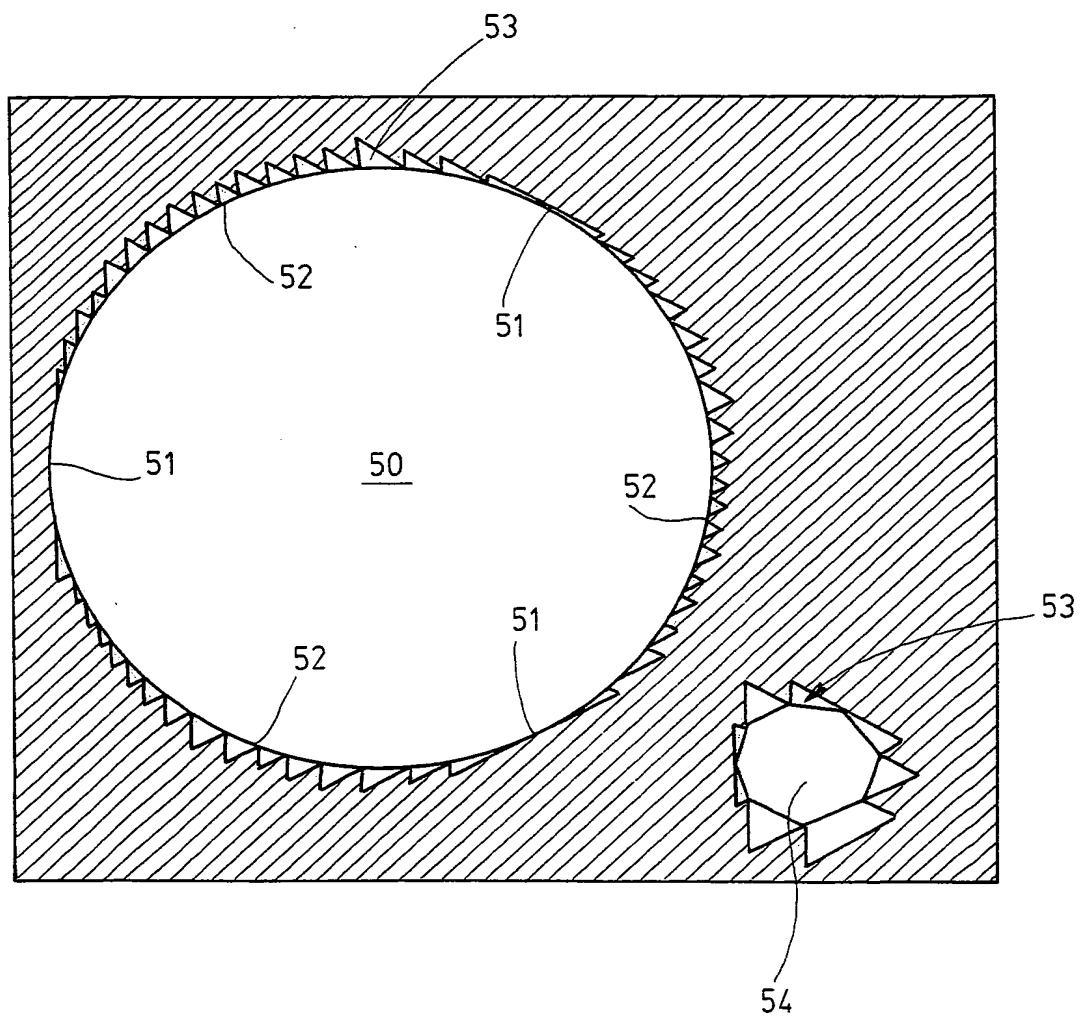
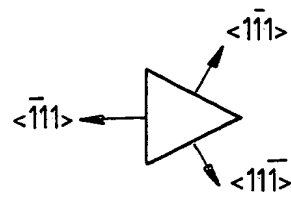


Fig. 6

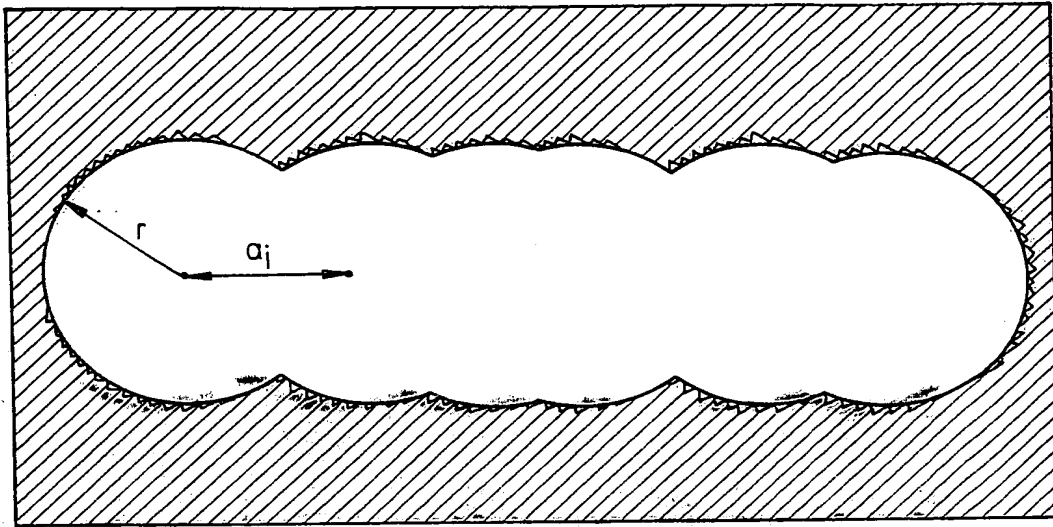


Fig. 7

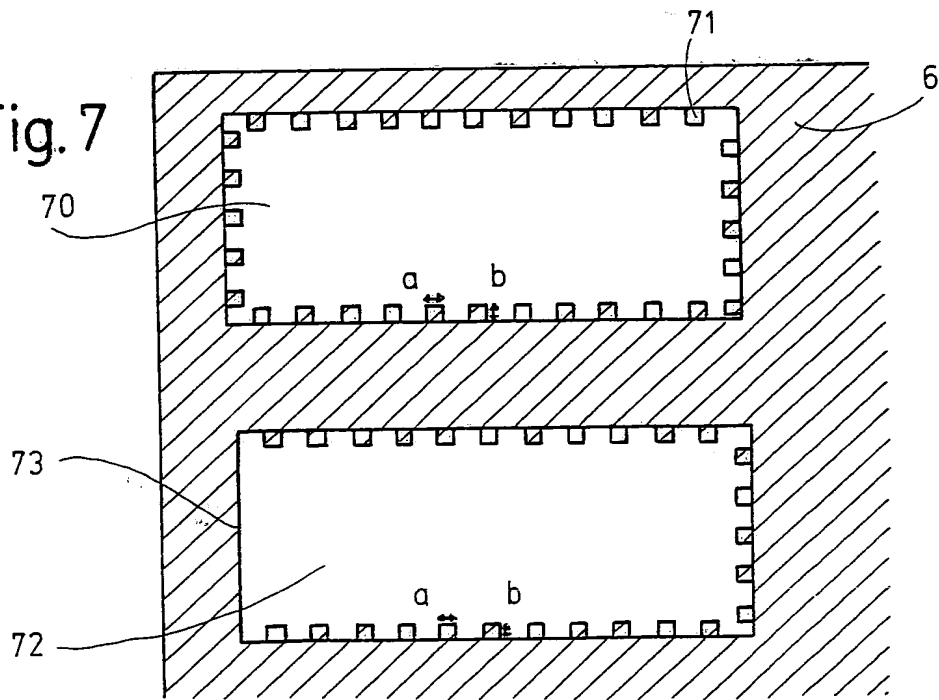


Fig. 8

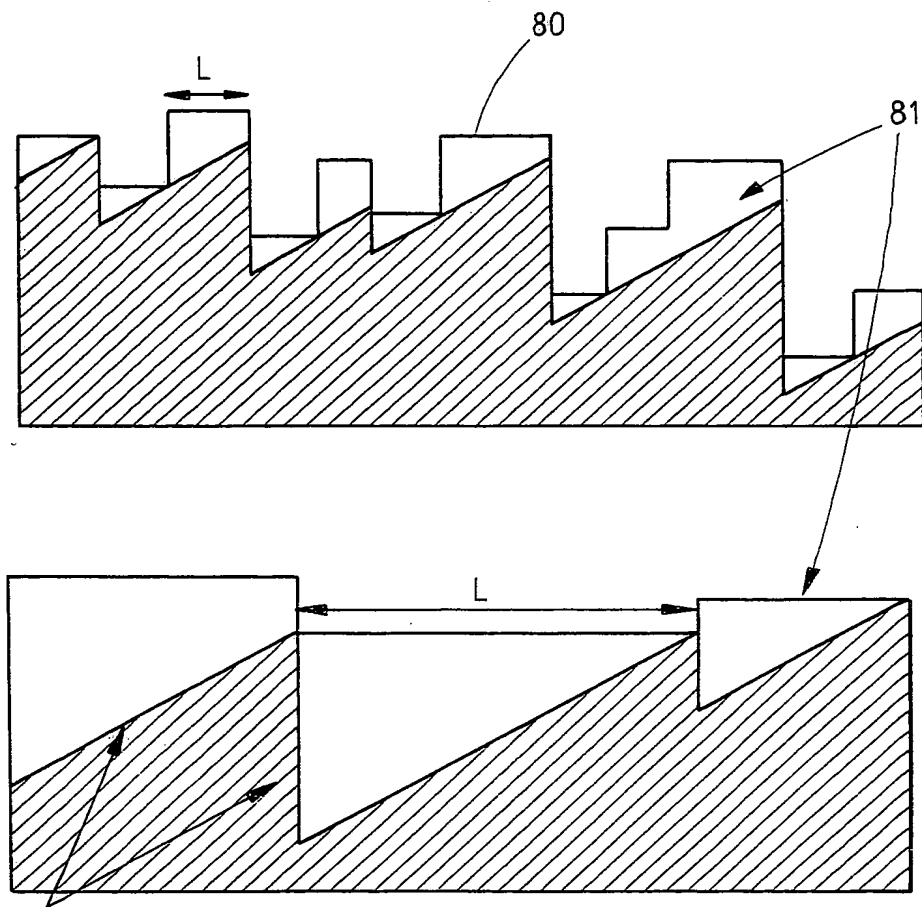


Fig. 9

